

Cadmium on our table?

Yeimy Nieves , Magaly Henríquez* 

Centro Nacional de Tecnología Química, Caracas, Venezuela.

Recibido: abril, 2020,

Aceptado: julio, 2020.

Autor para correspondencia: M. Henríquez e-mail: publicacionesgpidi.cntq@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4277874>

Summary

Environmental pollution by heavy metals has put food security at risk. The presence of heavy metals in food represents a topic of interest due to the fact that the food chain is involved and by the repercussion of damages caused to public health. The heavy metals with the greatest impact are cadmium, mercury, lead, nickel, and zinc. Cadmium is naturally present in soils, its levels can be increased by anthropogenic, contaminating different typical crops on our table, such as rice, wheat, corn, cocoa, lettuce, oats, among others food, which negatively affects humans and other living things.

Keywords: heavy metals, cadmium, food safety.

¿Cadmio en nuestra mesa?

Resumen

La contaminación del medio ambiente por metales pesados ha puesto en riesgo la seguridad alimentaria. La presencia de metales pesados en alimentos representa un tema de interés debido a que la cadena trófica está involucrada y a la repercusión de daños causados a la salud pública. Los metales pesados con mayor impacto son cadmio, mercurio, plomo, níquel y zinc. El cadmio está presente de forma natural en los suelos, sus niveles pueden incrementarse por la acción antropogénica, contaminando diferentes cultivos típicos de nuestra mesa, como lo son el arroz, trigo, maíz, cacao, lechuga, avena, entre otros alimentos, lo cual repercute negativamente en los humanos y demás seres vivos.

Palabras clave: metales pesados, cadmio, seguridad alimentaria.

Los metales pesados están entre los más antiguos conocidos por el hombre. En los últimos años, la estrecha relación existente entre metales pesados presentes en suelos agrícolas y el contenido de estos elementos tóxicos en diferentes cultivos, ha motivado el interés por estudios sobre la contaminación del suelo con metales pesados debido al desarrollo industrial o al mal manejo de la agricultura. En consecuencia, se han orientado trabajos de investigación con el fin de determinar la concentración de metales pesados en cultivos que forman parte de los alimentos comunes de nuestra dieta diaria. Particularmente, en la determinación de cadmio y otros metales presentes en hierbas medicinales, hortalizas, avena, maíz, cacao y arroz. También, los suelos han sido tratados mediante biorremediación para eliminar altas concentraciones de cadmio a través de plantas como la lechuga y la albahaca por su capacidad acumuladora.

Al hablar de metales pesados es imposible no asociar el efecto tóxico que tienen estos elementos en la salud, los cuales han sido descritos y estudiados por diferentes investigadores y entre los que destaca el desarrollo de células cancerígenas. Los principales sistemas afectados son el gastrointestinal, neurológico central, periférico, hemático y renal. Entonces, es necesario imaginar el daño al cual la población está expuesta al consumir diariamente alimentos que tienen alta afinidad por metales pesados y que han sido cultivados en suelos contaminados con estos elementos.

Metales pesados

Los elementos químicos situados a la izquierda y centro de la tabla del sistema periódico son los llamados metales. Están clasificados en metales alcalinos y alcalinotérreos los elementos de los grupos IA y IIA, así como en metales de transición los elementos de los grupos IIIA y IVA, respectivamente. En todos estos grupos se encuentran metales muy relevantes desde el punto de vista toxicológico, como el mercurio, el plomo, el cadmio, el arsénico y el cromo, entre otros [1]. En ciertos medios del ecosistema, los niveles de algunos metales pueden elevarse tanto que llegan a constituir una fuente de alto riesgo, la cual puede ser de origen natural, de

acuerdo con un ciclo biogeoquímico o bien puede ser contaminación por causas antropogénicas [2].

Cadmio (Cd)

El cadmio es un elemento del Grupo II-B de la Tabla Periódica, situado entre el Zn y el Hg; por lo tanto, con características similares a éstos. Su número atómico es 48 y por su configuración electrónica terminal $4d105s^2$, su ion monoatómico más estable es el Cd^{2+} . En la naturaleza se le encuentra asociado al zinc, cobre y plomo. Presenta gran afinidad por el azufre, de allí que su compuesto natural más común es el CdS. Otros compuestos comunes son: CdO , $CdCl_2$ y $Cd(OH)_2$. Se le usa principalmente en la fabricación de baterías y pinturas, en el recubrimiento de superficies metálicas para protegerlas de la oxidación, como componente de aleaciones para soldaduras de bajo punto de fusión y en la industria química en procesos catalíticos. En el análisis cualitativo se le determina mediante precipitación como sulfuro con otros elementos del Grupo II y se separa del zinc valiéndose de su insolubilidad en los hidróxidos de metales alcalinos [3].

Cadmio en suelos agrícolas

La disposición de metales pesados tiene su origen en la meteorización que experimenta el material parental bajo condiciones normales de formación de la corteza terrestre. Aunque los metales pesados son constituyentes naturales en todos los sustratos, su concentración se puede incrementar debido a fuentes “no naturales” [4]. El cadmio llega al suelo de los terrenos agrícolas por deposición aérea (41 %), con los fertilizantes fosfatados (54 %) y por aplicación de abono de estiércol (5 %) [5]. La existencia de suelos agrícolas con niveles crecientes de este metal genera gran preocupación ambiental debido a su movilidad y a la facilidad con que es absorbido por las plantas [3]. En consecuencia, la alta acumulación de metales pesados es un factor limitante en el uso agrícola del mismo, la Figura 1 muestra tierras destinadas a cultivos de alimentos, de allí la importancia de garantizar la calidad.



Figura 1: Suelos agrícolas.

Fuente: <http://www.agq.com.es/>

Como se mencionó, una de las vías de incorporación del cadmio a los suelos agrícolas es la fertilización fosfática. Las rocas fosfóricas, que son la materia prima de todos los fertilizantes fosfáticos, contienen niveles de metales pesados que varían según su ubicación geográfica, pero que generalmente son superiores al promedio de la corteza terrestre. Los metales permanecen en una proporción importante en los fertilizantes industriales y posteriormente son aplicados al suelo junto con el fósforo [6]. En cuanto a la concentración de Cd en el suelo considerada la máxima permisible, diversos autores entre 0,8 – 1,0 mg/kg de Cd. La acidez o basicidad del suelo (pH) también afecta a la disponibilidad de Cd para el cultivo. Dentro de la disponibilidad de suelos se podría encontrar algunos con concentraciones cercanas o mayores al nivel crítico de 1 mg/kg de Cd total en suelos, es recomendable disponer de la siembra de especies que presenten una menor tendencia a acumulación de este metal [7].

Seguridad alimentaria

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (ONUAA/FAO), define la seguridad alimentaria en términos de lograr que todos los individuos, todo el tiempo, tengan acceso a la cantidad adecuada de alimentos

y nutrientes que necesitan, tanto en términos de cantidades físicas como en medios económicos para adquirirlos. De esta manera se puede deducir que una situación de seguridad alimentaria es aquella en la que tanto la oferta como la demanda efectiva son suficientes para satisfacer los requerimientos alimentarios de la población de un país, localidad o región, sobre una base continua y estable. En el caso de los países no desarrollados, la seguridad alimentaria puede entenderse como la necesidad de aumentar la producción y la eficacia con el fin de garantizar el abastecimiento de toda su población. En el marco de la política, la seguridad alimentaria involucra establecer estrategias que tienen por finalidad, tanto el suministro de alimentos a los habitantes de su país, como la prevención de enfermedades transmitidas por estos alimentos [8].

Contaminación de alimentos por cadmio

El cadmio entra en la alimentación humana con los vegetales y productos animales. Es uno de los metales pesados más tóxicos y móviles en los suelos agrícolas, capaz de transferirse a las plantas y fijarse en las partes comestibles, generando reducción en la productividad de las cosechas y una variedad de efectos tóxicos agudos y crónicos en el hombre [9]. El contenido de cadmio en los alimentos terrestres varía mucho, dependiendo del suelo y de las condiciones de cultivo, los métodos agrícolas y la variedad de la planta cultivada [10]. Es absorbido por las plantas en forma de Cd^{2+} , a través del sistema de raíces, puesto que geoquímicamente es muy móvil en el suelo y en el agua [11].

A pesar de que el cadmio no es un nutriente esencial para las plantas, este metal puede penetrar en mayor cantidad que otros elementos, sin efectos adversos en su crecimiento en algunos casos y ser transferidos al humano mediante la ingesta de alimentos contaminados. Se fija a las plantas más rápidamente que otros metales como el plomo.

Los frutos y semillas contienen menos cadmio que las hojas. En el caso del pescado, los crustáceos, el riñón e hígado de animales, estos acumulan cadmio en grado relativamente elevado.



Figura 2: Alimentos contaminados con Cd.

Fuente: <https://www.mismumi.com/>

Por su parte, el agua potable supone una menor contribución, pues debe contener un máximo de $1\mu\text{g Cd/l}$ [12]. La Figura 2 muestran algunos alimentos susceptibles a acumular Cd.

Valores de cadmio

Debido a la preocupación existente por los efectos negativos que causa el cadmio a la salud, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido límites de consumo, considerado tóxico para los seres humanos una concentración de cadmio correspondiente a una ingesta diaria de $0,83\mu\text{g/kg}$ de peso corporal. La OMS estableció valores de referencia de sustancias químicas cuya presencia en el agua potable es significativa para la salud. Los valores son de $10,0\mu\text{g/l}$ y $3,0\mu\text{g/l}$ para plomo y cadmio respectivamente, utilizando la Ingesta Semanal Tolerable Provisional (PTWI Provisional Tolerable Weekly Intake) establecida por el comité mixto FAO/OMS de expertos en aditivos alimentarios (JECFA por Joint Expert Committee on Food Additives) para infantes y niños, sobre la base de que ambos metales pesados eran tóxicos y acumulativos, siendo los infantes el grupo más sensible. La PTWI quedó establecida en $7,0\mu\text{g/kg}$ de peso corporal [13].

Alimentos que acumulan cadmio

Los alimentos de origen vegetal generalmente contienen concentraciones más altas de cadmio que la carne, el huevo, la leche, los productos lácteos y el músculo del pescado [14]. La ingesta promedio de cadmio de los alimentos generalmente varía entre 8 y 25 mg/día, donde más del 80 % proviene de cereales, vegetales y papa. La variación depende de los niveles de exposición del metal en los alimentos, pero también puede variar según el método de evaluación dietética utilizado para estimar la ingesta [15].



Figura 3: Espinacas contaminadas con Cd.

Fuente:

<https://articuloscientificosparanocientificos.blogspot.com/>

Las especies de cultivos y cultivares difieren ampliamente en su capacidad de absorber, acumular y tolerar cadmio. Dentro de los alimentos más utilizados en la dieta humana y que han presentado una concentración de cadmio en el grano por sobre los límites permitidos, destacan el trigo duro (*Triticum turgidum* L. var. *Durum*), maíz (*Zea mays* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), avena (*Avena sativa* L.), maní (*Arachis hypogaea* L.), entre otros [7]. Por otra parte, la lechuga, rábanos, espinaca (ver Figura 3) apio y repollo, forman parte de las hortalizas que acumulan mayores cantidades de metales pesados [16].

En el caso del arroz, cereal más importante en el mundo, motivado a la extensión de cultivo que ocupa y su consumo por casi tres billones de personas [17], aparece reportado como una planta hiperacumuladora de diversos metales pesados, siendo los más dañinos el cadmio, por su movilidad y toxicidad, así como el plomo, que, aunque no es un metal móvil, es muy tóxico [18]. Este tipo

de plantas se caracterizan por su capacidad de tolerancia hacia los metales pesados y absorción de los mismos en grandes cantidades. El arroz, acumula cadmio y lo transfiere a su parte comestible y consecuentemente a la cadena trófica, por lo que es urgente tomar medidas para mitigar este problema. En Daule, Ecuador detectaron valores altos de Cd en raíces $0,500 \pm 0,000$ mg/kg, en hojas $0,440 \pm 0,080$ mg/kg y en granos $0,190 \pm 0,050$ mg/kg de arroz [19].

En productos derivados del cacao, destinados a consumidores detectaron contenidos de cadmio superiores a los permitidos por la norma internacional. Esta situación genera una alerta de monitoreo en todos los procesos de la cadena del cacao, con miras a diagnosticar y hacer correctivos para garantizar la inocuidad del chocolate y otros artículos manufacturados. La planta de cacao absorbe este metal del suelo y lo concentra en las semillas.

En América Latina han detectado contenido de cadmio en productos terminados del cacao superiores a los permitidos por la normativa internacional, convirtiéndose en un asunto importante para los pequeños agricultores y para la industria del chocolate [20].

Las hierbas medicinales, también han sido objeto de investigación dado su amplio uso a lo largo de todo el mundo. La OMS ha promocionado la medicina tradicional y ha dado pautas para su control de calidad de manera que estos medicamentos herbarios sean seguros y eficaces. Se reportó que dos muestras de *Hydrocotyle asiatica* L. (conocida comúnmente como centella asiática o gotu-kola) de diferente procedencia y en *Fucus vesiculosus* L. (comúnmente conocida como fucus, fuco, varec, encina de mar ó sargazo vesiculoso) se detectaron concentraciones de cadmio que excedieron el límite de 0,3 mg/kg propuesto para hierbas medicinales por la OMS. En los cocimientos realizados con *Hydrocotyle asiatica* L., *Fucus vesiculosus* L. y en la infusión realizada con *Hydrocotyle asiatica* L. se hallaron concentraciones de cadmio que excedieron el límite de 3,0 $\mu\text{g/l}$ para líquidos de consumo propuesto por la OMS. Considerando la ingesta semanal tolerable provisional (PTWI) de cadmio se observó que sólo el cocimiento realizado con *Hydrocotyle asiatica* L. alcanzó el límite permisible [13].

Adicionalmente, en Europa, se ha encontrado valores importantes de metales en champiñones, especies comestibles del género *Agáricos* (*A. Augusta*, *A. Perrarus*, *A. Silvícola*, *A. Macrosporus* y *A. Maleolens*). Esta acumulación está determinada genéticamente y difiere según la especie, pero también influye el contenido de cadmio en el suelo [21].

Al estudiar la presencia de metales pesados en hortalizas, Coronel [22] encontró en lechuga y zanahoria concentraciones de cadmio iguales a 18,77 y 19,90 mg/Kg respectivamente, superando los límites permisibles de cadmio por el Codex (el Codex Alimentarius es una colección de normas, códigos de práctica, directrices y otras recomendaciones internacionalmente reconocidas relacionadas con los alimentos, su producción e inocuidad).

Los productos de origen animal serían los menos contaminados por cadmio, suelen tener unas concentraciones de algunas decenas de partes por billón (ppb) en relación al peso fresco, con excepción de las vísceras, como el hígado y riñón. Por el metabolismo del cadmio, este tiende a acumularse en estos órganos, de forma combinada con metalotioneína, lo que favorece posteriormente la absorción intestinal en el hombre, aumentando el riesgo de toxicidad [21]. También se han observado altas concentraciones de cadmio en moluscos, crustáceos como ostras, otros moluscos bivalvos, cefalópodos y cangrejos (especialmente las partes con carne marrón). En aguas contaminadas, los crustáceos suelen tener una media de 2-10 $\mu\text{g/g}$ de cadmio [21].

Conclusiones

Los alimentos representan la principal vía de entrada de metales pesados al organismo, por lo que surge la necesidad de conocer y controlar qué alimentos están contaminados con estos elementos para disminuir o evitar su consumo, a fin de garantizar la seguridad alimentaria. Como contaminante común de los alimentos, el cadmio representa un elemento tóxico que debe ser controlado. La presencia de altas concentraciones de este metal pesado en el organismo irrumpe la homeóstasis celular, alterando así los procesos biológicos del cuerpo, siendo el detonante de diversas patologías,

generando efectos tóxicos en la salud, tan graves como malformaciones o anomalías de carácter anatómico o funcionales en fetos, cáncer e incluso la muerte.

Es de vital importancia realizar estudios pertinentes a los suelos que están disponibles para la agricultura con el fin de evaluar los niveles de metales pesados presentes, para así analizar cuáles especies se pueden cultivar, considerando que, si hay altos niveles de metales, entonces será necesario disponer de especies y cultivares que presenten una menor acumulación y translocación de los mismos.

Por otra parte, es necesario acotar que todos debemos cuidar el ambiente que nos rodea, tenemos que ser conscientes de que no somos organismos aislados, y que cada acción que realizamos impacta el medio en el que nos encontramos.

Referencias

- [1] A. Ferrer. Intoxicación por metales. *Anales Sis San Navarra*, 26:142–153, 2003.
- [2] L. Ramos, M. Ferrary, L. Munguía, J. Tarradellas, N. Urrea, and J. Botto. Determinación de plomo y cobre en peces y manejo de sus residuos en el lago de yojoa, honduras. Monografía, Dirección General de Salud Centro de Estudios y Control De Contaminantes / CESCO, Yojoa, Honduras, Noviembre 1994.
- [3] T. Herrera. *La Contaminación con Cadmio en Suelos Agrícolas*. PhD thesis, Instituto de Edafología. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela, Caracas, 2000.
- [4] M. McBride. *Environmental chemistry of soils*. Oxford University Press, New York, 1994.
- [5] A. Ramirez. Toxicología del cadmio. conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. *Anales de la Facultad de Medicina*, 63(1):51–64, 2002.
- [6] U. Gabe and A. Rodella. Trace elements in brazilian agricultural limestones and mineral fertilizers. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 30:605–620, 1990.
- [7] J. Retamal. *Absorción y bioacumulación de Cadmio en tres cultivares de maíz (Zea mays L.) para diferentes medioambientes de Chile*. Tesis para optar al grado de doctor en ciencias de la agronomía, Universidad de Concepción, Concepción, Chile, 2017.
- [8] A. Anido. Políticas económicas y sectoriales agrícolas: Efectos sobre la situación de la seguridad alimentaria en venezuela, 1970-2000. *Políticas Económicas y Sectoriales*, 10, Julio-Diciembre 2002.
- [9] W. Yanan, Y. Yu, Q. Wang, Y. Qiao, and H. Li. Cadmium uptake dynamics and translocation in rice seedling: influence of different forms of selenium. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 133:127–134, 2016.
- [10] N. Mead. Confusión por el cadmio ¿los consumidores necesitan protección? *Salud Pública México*, 53(2):528–534, 2011.
- [11] V. Curguz, V. Raicevic, M. Veselinovic, M. Tabakovic-Tosic, and D. Vilotic. Influence of heavy metals on seed germination and growth of picea abies l. karst. *Polish Journal of Environmental Studies*, 12(2):353–359, Marzo 2012.
- [12] L. Friberg, C. Elinder, T. Kjellstrom, and G.F. Nordberg. *Cadmium and health: A toxicological and epidemiological appraisal: Exposure, dose, and metabolism*, volume 1. CRC Press, Taylor & Francis Group, New York, 1985.
- [13] N. Muñoz and S. Debenedetti. *Determinación de plomo y cadmio en hierbas Medicinales*. PhD thesis, Universidad de Belgrano, Belgrado, Germany, 2007.
- [14] L. Järup and A. Akesson. Current status of cadmium as an environmental health problem. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 238(3):201–208, 2009.
- [15] A. Akesson. *Cadmium Exposure in the Environment: Renal Effects and the Benchmark Dose*, page 465–473. Encyclopedia of Environmental Health, 2011.

- [16] M. Ghosh and S. Singh. A comparative study of cadmium phytoextraction by accumulator and weed species. *Environmental Pollution*, 133(2):365–371, 2005.
- [17] F.J. Zhao and SP. McGrath. Biofortification and phytoremediation. *Current Opinion in Plant Biology*, 12(3):373–380, 2009.
- [18] R.D. Reeves and A.J.M. Baker. *Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean Up the Environment*, I. Raskin and B.D. Ensle editores, chapter 12, Metal-accumulating plants. *Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean Up the Environment*. Wiley, New York, 2000.
- [19] J. Muñoz, B. Pernía, M. Mero, E. Larreta, A. Benavides, L. Ramírez-Moreira, and J. Zambrano. Determinación de cadmio y plomo en plantas de arroz y suelos de daule y nobol. In *2do. Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología UTMACH*, Ecuador, 2016.
- [20] F. Augstburger, J. Berger, U. Censkowsky, P. Heid, and J. Milz. *Agricultura Orgánica en el Trópico y Subtrópico*. Asociación Naturland, Gräfelfing, Alemania, 1 edition, 2000.
- [21] R. Madeddu. *Estudio de la influencia del cadmio sobre el medioambiente y el organismo humano: perspectivas experimentales, epidemiológicas y morfofuncionales en el hombre y en los animales de experimentación*. Tesis doctoral, Universidad de Granada, Granada, España, 2005.
- [22] E. Coronel. Determinación de metales pesados plomo (Pb) y cadmio (Cd) en hortalizas de consumo directo producidas orgánicamente. Trabajo de titulación presentado como requisito previo a la obtención del título de ingeniera agrónoma, Facultad De Ciencias, Universidad Central del Ecuador, Quito. Ecuador., 2018.